

ESTIMACIÓN EN LABORATORIO DEL POTENCIAL DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE Y EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

Ing. BRAYAN ALEXIS PARRA OROBIO, MSc

Prof. PATRICIA TORRES LOZADA, PhD

Prof. LUIS FERNANDO MARMOLEJO REBELLÓN, PhD



TABLA DE CONTENIDO



INTRODUCCIÓN



OBJETIVO



MATERIALES Y MÉTODOS



RESULTADOS Y ANÁLISIS



Conclusiones

CONCLUSIÓN

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

**MATERIALES Y
MÉTODOS**

**RESULTADOS Y
ANÁLISIS**

CONCLUSIONES

“UN MUNDO SEDIENTO DE ENERGÍA”



INTRODUCCIÓN

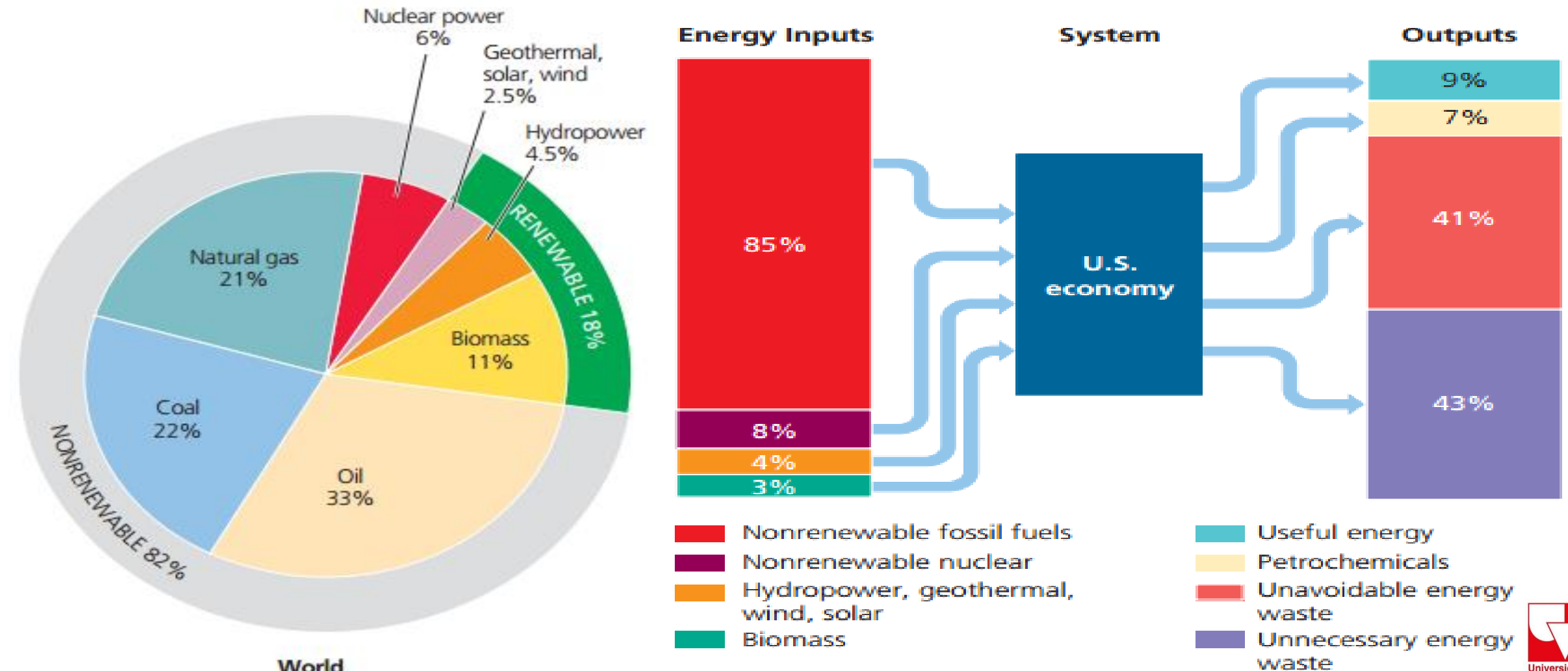
OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES

DINÁMICA ENERGÉTICA



INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES

Semana **NACIÓN** OPINIÓN ECONOMÍA VIDA MODERNA GENTE CULTURA MUNDO TECNOLOGÍA EDU

NACIÓN | 2015/11/07 00:00

¿Apagón inminente?

Solo la intensidad de El Niño y la capacidad de ahorro de los colombianos determinarán si hay racionamiento. Qué hay detrás del aumento de las tarifas y la crisis energética.



El ministro de Minas y Energía, Tomás González, anunció un paquete de medidas que incluyen alzas en las tarifas del servicio de luz. Foto: Alejandro Acosta

CONTEXTO COLOMBIANO

Dinero ECONOMÍA EMPRESAS PAÍS INVERSIONISTAS INTERNACIONAL FINANZAS PERSONALES

petróleo.

ACCIONES FINANZAS MERCADO DE CAPITALES COLCAP

FENÓMENO DE EL NIÑO



MinMinas anuncia incentivos tributarios para fuentes no convencionales de energía

El nuevo decreto busca aumentar la rentabilidad de los proyectos, permitiendo que sean atractivos para la inversión. Deducción de hasta el 50% en el impuesto de renta a partir del 2016.

TECNOLOGÍA ENERGÍA INNOVACIÓN SOSTENIBILIDAD

ayudar a mejorar el desempeño académico.

TRABAJO EDUCACIÓN

ENERGÍA



Gobierno pedirá cuentas a las generadoras de energía

El ministro de Minas, Tomás González, pidió a la Superintendencia de Servicios Públicos que investigue si los recursos del cargo por confiabilidad se invirtieron adecuadamente.

Congreso debatirá sobre medidas para garantizar energía durante 'El Niño'

Domingo, Noviembre 8, 2015 | Autor: Elpais.com.co | Colprensa.

1

f

3

4

g+

0

✉



Esta semana el Senado abrirá el debate en torno al fenómeno de 'El Niño' en Colombia, situación que según el Ministerio de Ambiente y el Ideam se extenderá hasta junio de 2016.

Debido a esto el gobierno anunció el mes pasado el aumento en las tarifas de la energía. El kilovatio

por hora tendrá un incremento de entre \$6 y \$7, lo que representa un aumento en las tarifas de \$400 para el estrato uno y de \$3.000 para los niveles altos de la población.

cir, que el aumento total para los estratos bajos sería de 1,75% y el monto para los más altos sería superior al 2,5%. No obstante, se espera que el aumento sea menor a la intensidad del fenómeno, suada

PUBLICIDAD

Notas Relacionadas



Por fenómeno de El Niño, MinMinas anunció aumento en tarifas de energía

Las noticias más leídas

1. Dos años después, las heridas por la masacre de la Barra La 44 siguen abiertas

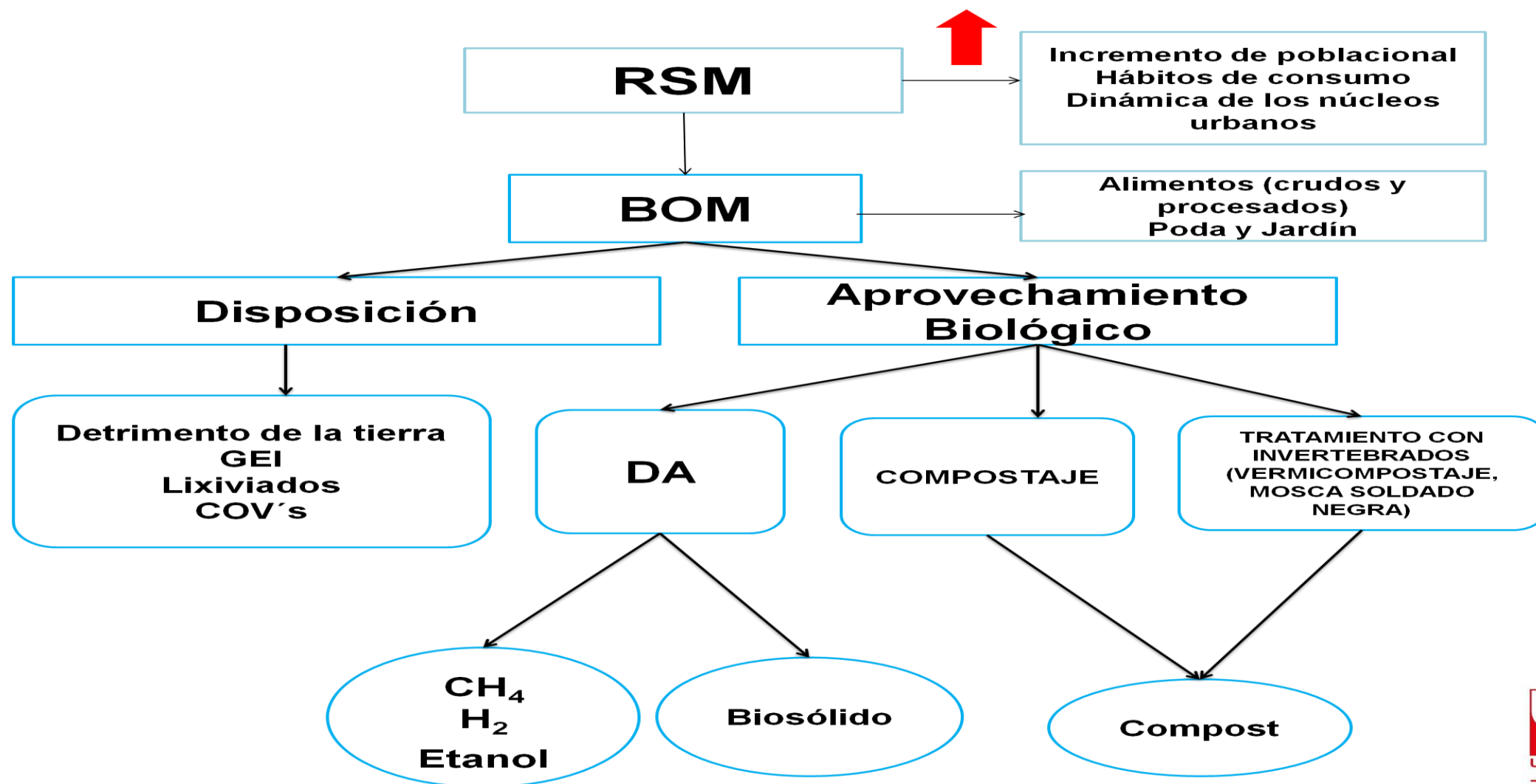
INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

**MATERIALES Y
MÉTODOS**

**RESULTADOS Y
ANÁLISIS**

CONCLUSIONES



INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES



(Ornelas, 2015)

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

**MATERIALES Y
MÉTODOS**

**RESULTADOS Y
ANÁLISIS**

CONCLUSIONES

Composición de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) en algunas naciones del mundo

Países	BOM (%)	PyC (%)	P (%)	T (%)	V (%)	M (%)	H (%)	Ma (%)	Otros (%)	Fuente
E.U	27,8	28,2	12,3	8,3	4,8	8,6	-	6,5	3,5	(USEPA, 2009)
Reino Unido	41,1	18,5	7,1	2,9	6,8	2,6	1,9	-	19,1	(Burnley, 2007)
España	34,66	21,76	11,50	11,92	4,74	3,75	-	-	11,66	(Castrillon et al., 2013)
China	65,98	11,02	12,33	1,51	0,96	0,3	-	3,81	4,09	(Wang & Wang, 2013)
Ghana	64	3	10	3	-	1	-	3	-	(Asase et al., 2009)
Brasil	57,41	13,16	16,49	-	2,34	2,07	-	-	8,56	(Bianchini & Silva, 2007)
Colombia	65,5	4,6	8,7	3,2	2,0	1,1	9,0	-	5,9	(Marmolejo et al., 2011)

INTRODUCCIÓN

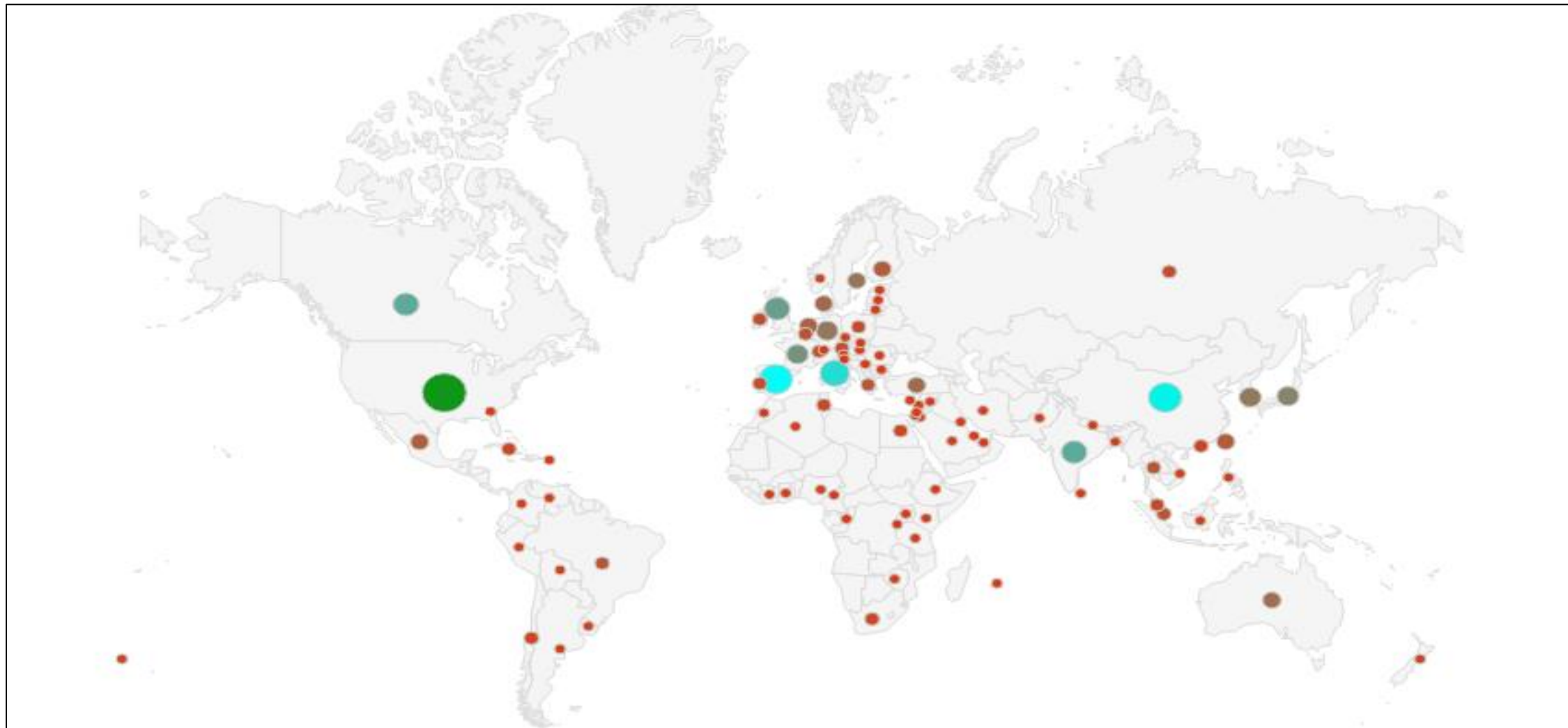
OBJETIVO

**MATERIALES Y
MÉTODOS**

**RESULTADOS Y
ANÁLISIS**

CONCLUSIONES

PRODUCCIÓN INTELECTUAL SOBRE DA DE RSM



** Artículos indexados en la base Scopus*

(SCOPUS, 2015)



INTRODUCCIÓN

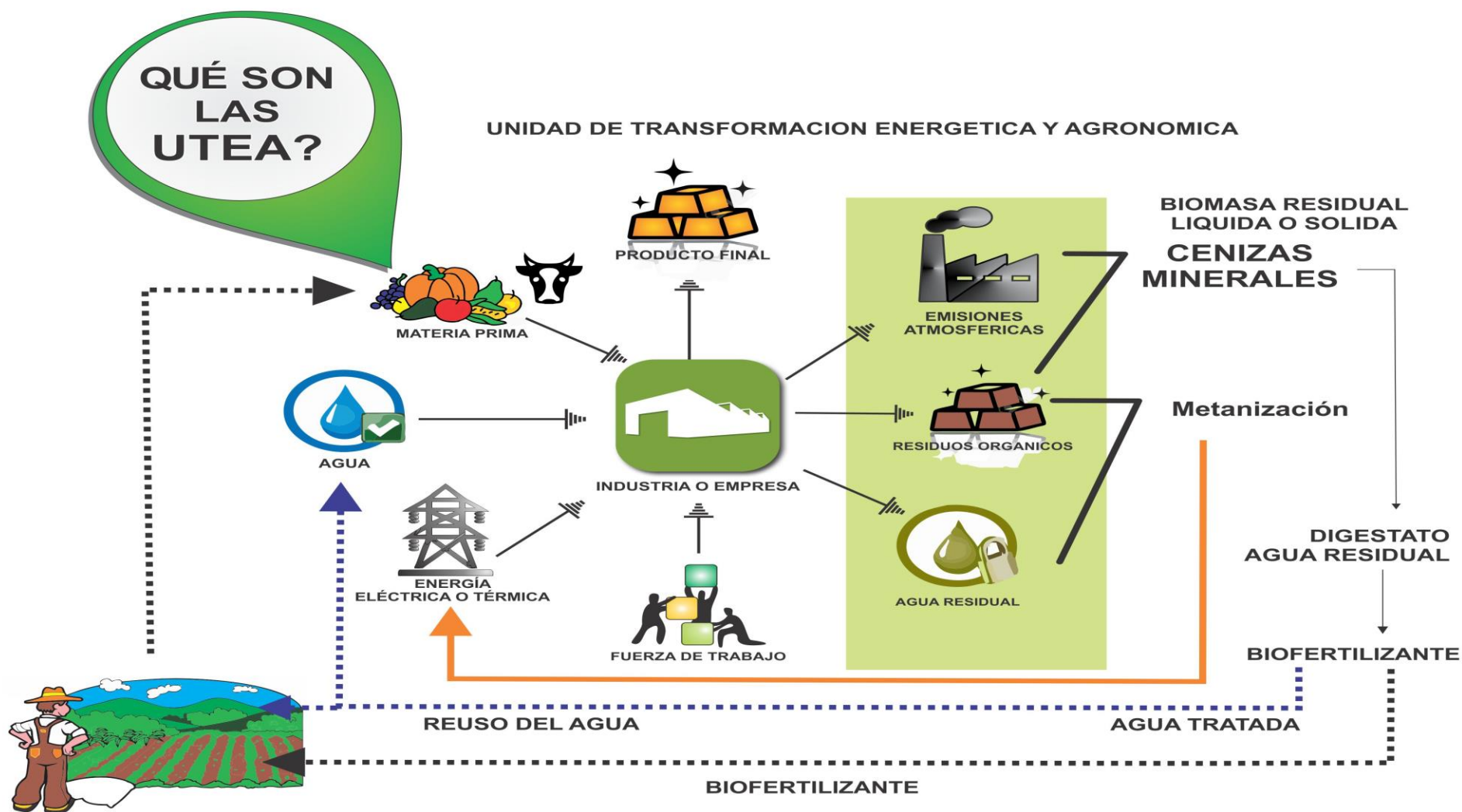
OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES

CAMBIO DE PARADIGMA EN LA DA



INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

**MATERIALES Y
MÉTODOS**

**RESULTADOS Y
ANÁLISIS**

CONCLUSIONES

FACTORES CLAVES

**TIEMPO DE RETENCIÓN DE
SÓLIDOS**

**RELACIÓN
SUSTRATO-INÓCULO**

**TAMAÑO DE
PARTÍCULA**

BALANCE DE NUTRIENTES

pH

TEMPERATURA

HIDRÓLISIS



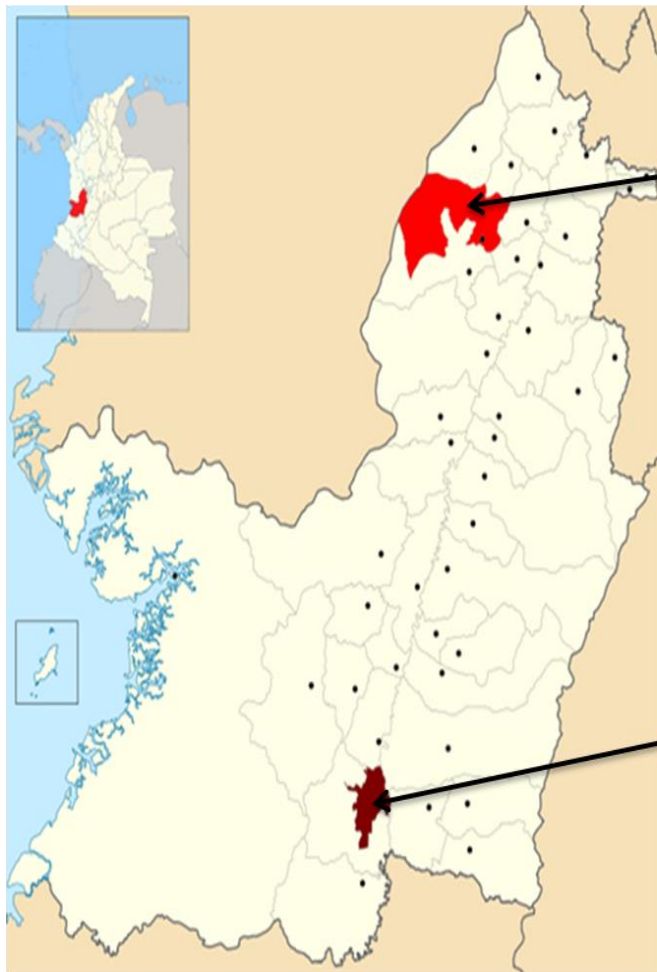
INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES



Categoría	Promedio $\pm \sigma$ (%)
Carbohidratos	41.21 \pm 6.33
Frutas no cítricas	10.75 \pm 2.81
Frutas cítricas y semi cítricas	11.19 \pm 2.93
Fibra y mezcla de minerales	34.62 \pm 4.90
Hierbas	2.22 \pm 0.80

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

SUSTRATO

Parámetros	Unidades
pH	Unidades
Alcalinidad Total (AT)	mgCaCO ₃ .L ⁻¹
Alcalinidad Bicarbonática (AB)	mgCaCO ₃ .L ⁻¹
Ácidos Grasos Volátiles (AGV's)	mg.L ⁻¹
Demanda Química de Oxígeno (DQO _{Total})	mg. L ⁻¹
Demanda Química de Oxígeno (DQO _{Filtrada})	mg. L ⁻¹
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	mg. L ⁻¹
Sólidos Totales (ST)	mg. L ⁻¹
Sólidos Volátiles (SV)	mg. L ⁻¹

INÓCULO

Parámetros	Unidades
pH	Unidades
Alcalinidad Total (AT)	Unidades
Alcalinidad Bicarbonática (AB)	mgCaCO ₃ .L ⁻¹
Ácidos Grasos Volátiles- AGV's	mg.L ⁻¹
Sólidos Totales- ST	mg.L ⁻¹
Sólidos Volátiles- SV	mg.L ⁻¹
Relación STV/ST	-
Sedimentabilidad	m h ⁻¹
AME	gDQO.gSV ⁻¹

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES

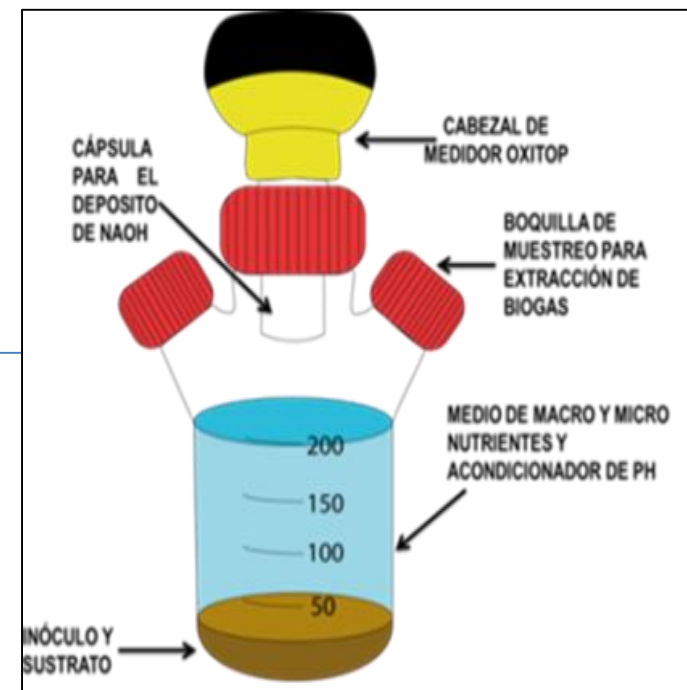
DISEÑO EXPERIMENTAL

POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO-PBM
(35 °C)

COMPLETAMENTE AL AZAR

RELACIÓN SUSTRATO-INÓCULO
(gSVsustrato/gSVinóculo): 0.5, 1.0, 2.0y 4.0

PARÁMETROS DE CONTROL: pH , AT, AB y AGV



UNIDAD EXPERIMENTAL

INTRODUCCIÓN

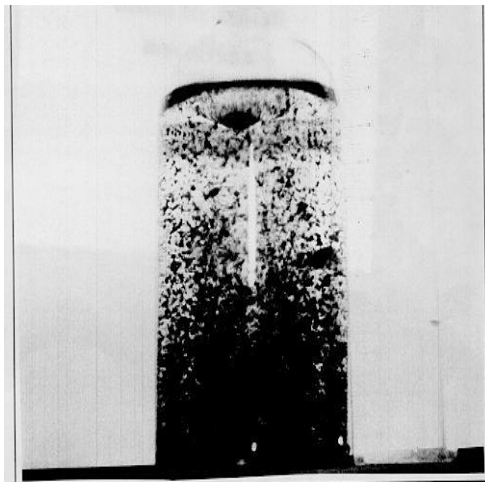
OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES

ANÁLISIS ESTADÍSTICO



MEDIDAS DE TENDENCIA
CENTRAL

RELACIÓN
S/I

ANOVA y POST-ANOVA

ANÁLISIS CINÉTICO

$$PBM(t) = \frac{PBM_{max}}{1 + \exp\left[\frac{4R_{max}(\lambda - t)}{PBM_{max}} + 2\right]} + mt \quad \text{Ec. 1}$$

$$t_{final} = \lambda + \left(\frac{PBM_{max}}{R_{max}}\right)\eta \quad \text{Ec. 2}$$



R^2 (Maximizar)
CME (Minimizar)

FUNCIÓN LOGÍSTICA (Donoso et al, 2010; Santiago et al., 2015)



CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

Tabla 1. Caracterización del sustrato

Parámetro	Promedio ± σ	Unidades
Humedad	91.94 ± 1.19	%
pH	5.05 ± 0.04	Unidades
AT	4212.68 ± 5.17	mgCaCO ₃ .L ⁻¹
AB	0	mgCaCO ₃ .L ⁻¹
AGV's	24611.44 ± 12.66	mg L ⁻¹
DQO _{Total}	125812.31 ± 479.08	mgO ₂ L ⁻¹
DQO _{Filtrada}	38187.10 ± 140.57	mgO ₂ L ⁻¹
DBO ₅	113346.60 ± 495.63	mgO ₂ L ⁻¹
ST	110740.46 ± 242.09	mg L ⁻¹
SV	93127.77 ±147.48	mg L ⁻¹

Tabla 2. Caracterización del inóculo

Parámetros	Promedio ± σ	Unidades
pH	7.97 ± 0.04	Unidades
AT	3568.20 ± 371.52	mgCaCO ₃ .L ⁻¹
AB	2525.28 ± 407.84	mgCaCO ₃ .L ⁻¹
Relación AB/AT	0.70	
AGV's	1071.00 ± 31.74	mg L ⁻¹
AGV's /AT	0.30	
ST	35263.25 ± 3534.83	mg L ⁻¹
SV	15826.25 ± 1989.09	mg L ⁻¹
Relación SV/ST	0.36	
DQO	3586.70 ± 102.65	mgO ₂ L ⁻¹
Sedimentabilidad	0.10	m h ⁻¹
AME	0.003	gDQO.gSV ⁻¹

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES

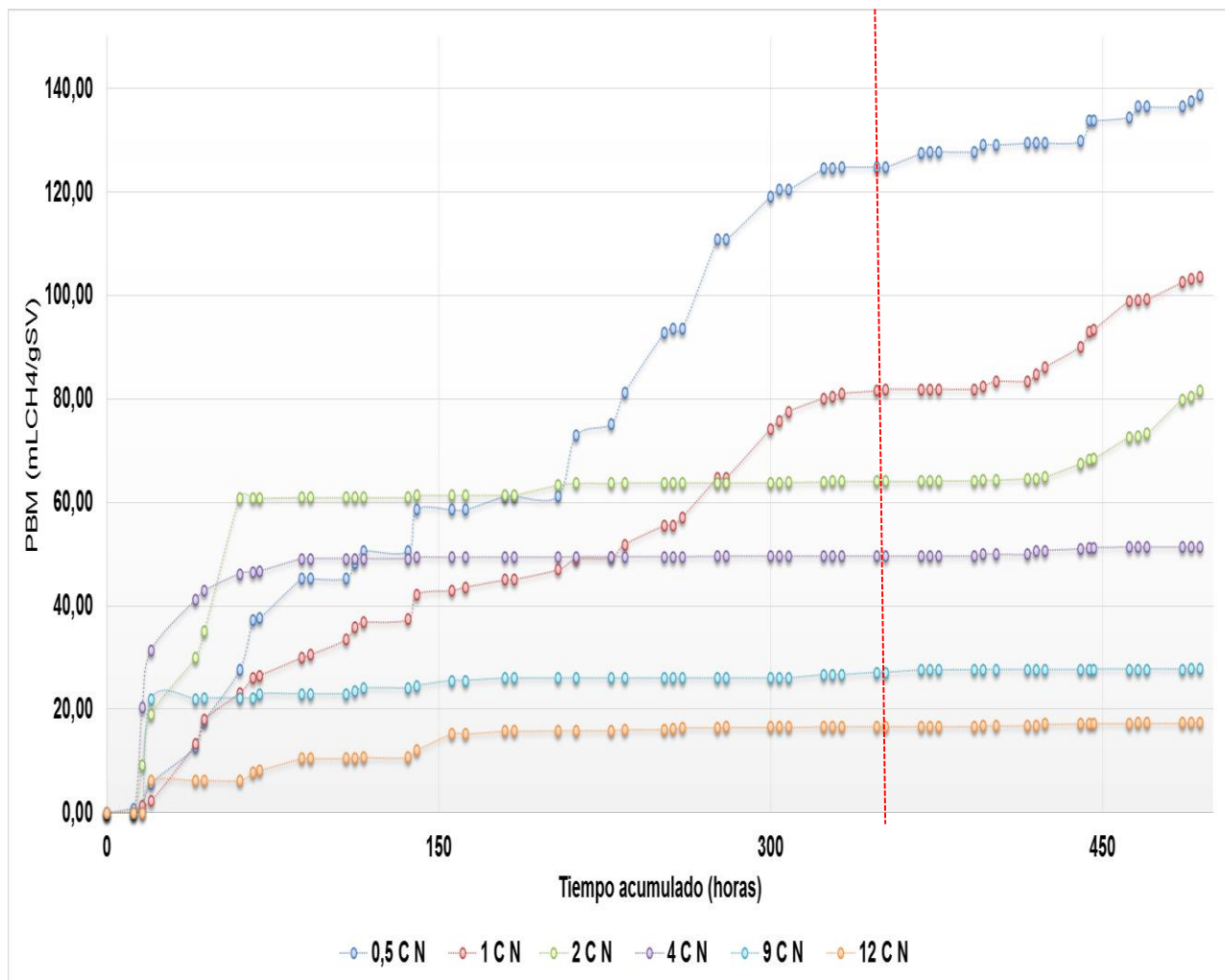


Figura 1. Comportamiento de la producción de metano para cada relación S/I evaluada

Tabla 3. PBM de cada relación S/I evaluada

Relación S/I $\text{gSV}_{\text{BOM}}/\text{gSV}_{\text{in}}$	PBM (mL CH ₄ /g SV)
óculo	
0.5	139 ± 0.47
1	104 ± 6.6
2	82 ± 0.18
4	51 ± 7.30
9	28 ± 0.52
12	18 ± 3.81

$p > 0.05$

$p > 0.05$

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOSRESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES

Tabla 4. Parámetros de control al final para cada relación S/I evaluada

Relación S/I	pH [Unid]	AT [mg CaCO ₃ L ⁻¹]	AB [mg CaCO ₃ L ⁻¹]	AGV's [mg L ⁻¹]
0.5	6.46	845.26	662.15	843.51
1	6.43	903.01	650.76	993.17
2	6.02	1017.47	627.39	1183.64
4	5.18	1220.25	0.00	3155.21
9	5.14	2717.97	0.00	5478.22
12	5.10	3204.16	0.00	7264.15

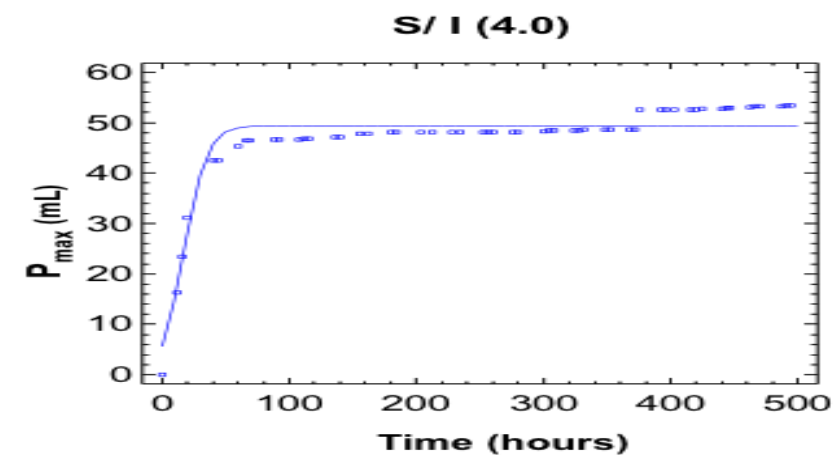
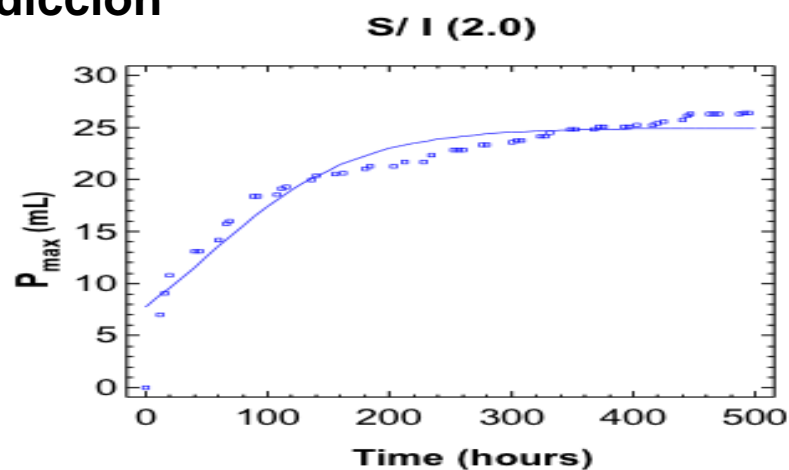
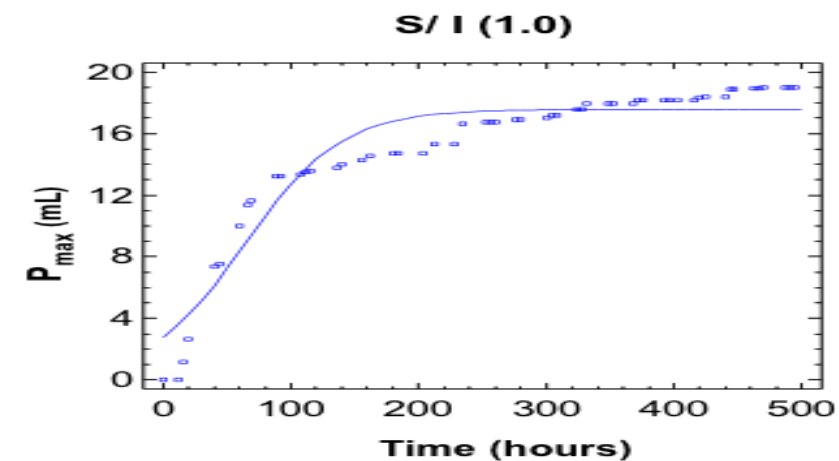
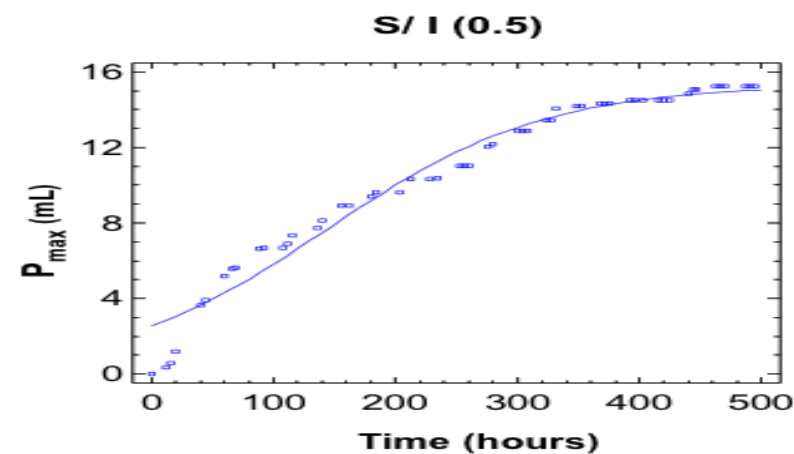
INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES



● Experimental
— Predicción

Figura 2. Predicciones cinéticas para cada relación S/I evaluada

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOSRESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES

Tabla 5. Producciones de metano, energía y número de reactores para relación evaluada

Relación S/I (gSV_{sustrato} gSV_{inóculo}⁻¹	PBM(mL CH₄ gSV⁻¹ ¹)	Producción de Energía (KWh semana⁻¹	λ (d)	N (número de reactores)	R²	CME
0.5	139	1335	6	1	0.9789	4.536
1.0	104	999	4	5	0.9784	20.55
2.0	82	787	2	5*	0.9163	25.27
4.0	51	490	2	5*	0.9163	25.27

*El número de iteraciones fue superior a 5 sin incrementar la producción de metano

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS Y
ANÁLISIS

CONCLUSIONES

- La relación S/I influye significativamente en la DA de los BOM, encontrándose mejores resultados en cuanto a producción de metano en relaciones inferiores a $1 \text{ gSV}_{\text{sustrato}} \text{ gSV}_{\text{inóculo}}^{-1}$ y de igual manera incide en el número de reactores necesarios para un éxito total del proceso.
- La DA de BOM debe ser vista no solo como una estrategia de control de la contaminación causada por la gestión inadecuada de estos residuos, sino también como una fuente alternativa de producción de energía renovable, siendo fundamental definir para cada tipo de residuo y de inóculo disponible, definir la relación S/I más adecuada tanto en términos de una mayor producción de metano y por ende de energía, como de una instalación más sencilla con el menor número posible de reactores para reducir costos de implementación de los digestores.

¡¡¡MUCHAS GRACIAS!!!

“UN CONTAMINANTE ES UN RECURSO MAL UBICADO ”

brayan.parra@correounivalle.edu.co

